

Задача решалась с использованием метода конечных элементов, реализованного в пакете FreeFem++ [3]. Было исследовано раскрытие трещины в зависимости от давления жидкости внутри трещины и упругих свойств пласта. Также была исследована применимость приближенной схемы для расчета ширины раскрытия трещины [4].

Список публикаций:

- [1] Экономидес М., Олайни Р., Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. От теории к практике // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 236 с.
 [2] Морозов Н.Ф. Математические вопросы теории трещин // М.: Наука, 1984. - 256 с.
 [3] Hecht F. FreeFem++. Third Edition, Version 3.19. Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
 [4] E.V. Dontsov, A.P. Peirce, 2015. Proppant transport in hydraulic fracturing: Crack tip screen-out in KGD and P3D models // Int. J. Solids Struct. 63, 206–218.

Математическое моделирование фильтрации жидкости к скважине с учетом влияния ствола скважины и наличия скин-зоны

Картавцева Ирина Александровна

Башкирский государственный университет

Хабибуллин Ильдус Лутфурахманович, д.ф.-м.н.

irina-kartavceva@mail.ru

Модели гидродинамических исследований скважин (ГДИС) играют ключевую роль для контроля разработки нефтегазовых месторождений. Они используются для определения гидродинамических характеристик пласта с помощью кривых падения давления (КПД) и кривых восстановления давления (КВД). Установлено, что анализ КПД без учета влияния объема ствола скважины и неоднородности пласта (скин-эффект) приводит к существенным погрешностям. В связи с этим, в современных моделях ГДИС необходимо учитывать скин-фактор и коэффициент ВСС.

Нестационарная фильтрация однородной вязкой жидкости к одиночной скважине в бесконечном пласте при отличном от нуля значении скин-фактора в призабойной зоне пласта и при учете влияния объема ствола скважины описывается следующей задачей [1, 2]:

$$\chi \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right) = \frac{\partial P}{\partial t}, \quad r_w \leq r < \infty, \quad (1)$$

$$P(r, t = 0) = P(\infty, t) = P_0, \quad (2)$$

$$P_w(t) = P(r_w, t) - S r_w \frac{\partial P(r_w, t)}{\partial r}, \quad (3)$$

$$Q(t) = 2\pi \frac{kh r_w}{\mu} \frac{\partial P(r_w, t)}{\partial r} + C \frac{\partial P}{\partial t}, \quad (4)$$

где $P(r, t)$ – значение давления в пласте в момент времени t на расстоянии r от центра скважины; P_0 – начальное пластовое давление; P_w – давление в скважине на забое; $P(r_w, t)$ – давление в скин-зоне; S – скин-фактор; C – коэффициент влияния ствола скважины; r_w – радиус скважины; k, h – проницаемость и мощность пласта; μ – вязкость жидкости; χ – коэффициент пьезопроводности пласта; $Q(t)$ – дебит скважины на устье, первое слагаемое справа в (4) – дебит скважины на забое.

Задача (1) – (4) включает в себя все известные случаи эксплуатации одиночной скважины, позволяет определить следующие распределения давления:

1. в полубесконечном пласте, когда на забое скважины поддерживается постоянное давление;
2. в полубесконечном пласте, когда на забое скважины поддерживается постоянный дебит;
3. в полубесконечном пласте с учетом влияния объема ствола скважины;
4. в двухзональном пласте, при проницаемости ПЗП отличной от проницаемости основного пласта (т.е. при наличии скин-эффекта).

Поставленная задача решена методом преобразования Лапласа с использованием модифицированных функций Бесселя ненулевого порядка первого и второго родов [3]. Полученное выражение было упрощено с

